

## Die Phänologie von unterschiedlich geschädigten Weisstannen (*Abies alba* Mill.) in Slowenien

Von Katarina Čufar, Dušan Robič, Niko Torelli und Andrej Kermavnar

**Keywords:** *Abies alba*; phenology; decline; fructification; Slovenia.

FDK 164: 174.1 Abies: 181.4: (497.12)

### 1. Einleitung

Die Weisstanne (*Abies alba* Mill.) gehört zu den wichtigsten Baumarten in den dinarischen Tannen-Buchen-Wäldern Sloweniens. Ebenso wie in anderen europäischen Ländern wurde auch hier in den letzten Jahrzehnten ein Tannensterben beobachtet (Mlinšek, 1964; Šolar, 1986; Torelli *et al.*, 1986). In manchen Beständen wurden eine fortgesetzte Schädigung und ein Sterben auch in den letzten Jahren beobachtet. Es befinden sich unterschiedlich geschädigte und gesunde Bäume in unmittelbarer Nachbarschaft. Ein Grund dafür könnte eine unterschiedliche genetische Konstitution sein, wie das zum Beispiel von Scholz (1989) bei der Fichte festgestellt wurde. Es war davon auszugehen, dass wir einleitende Informationen über die möglichen genetischen Unterschiede durch Beobachtungen von erblichen phänologischen Eigenschaften erhalten könnten.

Im Rahmen der langjährigen Forschungen über das Tannensterben in Slowenien wurden über 400 Bäume systematisch untersucht; somit sind zahlreiche Informationen über ihren Zustand vorhanden (z.B. Torelli *et al.*, 1986; Torelli und Robič, 1992; Oven und Torelli, 1994; Torelli *et al.*, 1995; Križaj und Štupar, 1995; Levanič und Čufar, 1995). Die vorliegende Arbeit stellt eine Studie über den möglichen Zusammenhang zwischen Schadstufen und phänologischen Eigenschaften dar. Parallel wurden auch Beobachtungen von Wasserreisern und Blütenbildung durchgeführt.

Die Untersuchungen wurden vom Ministerium für Wissenschaft und Technologie der Republik Slowenien finanziell unterstützt.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Versuchsflächen und Versuchsbäume

Zwei unterschiedlich geschädigte Versuchsflächen, Ravnik und Bistra, wurden 1987 für langjährige Beobachtungen ausgewählt. Beide liegen zwischen Ljubljana und Triest und gehören zu einem typischen *Abieti-Fagetum dinaricum*.

Bistra liegt 495 bis 610 m ü. M. Die Waldbestände gehören zu einem stellenweise lockeren Tannen-Fichten-Buchen-Altholz und sind stark geschädigt. In der Holzvorratsstruktur herrschen die Nadelhölzer mit einem Anteil von 75% vor; etwa die Hälfte davon ist Tannenholz, dessen Anteil sich in den vergangenen Jahren wegen des starken Sterbens laufend vermindert hat.

Die Fläche Ravnik erstreckt sich 500 bis 550 m ü. M. Die Waldbestände gehören zu relativ gut erhaltenem, geschlossenem Tannen-Fichten-Buchen-Altholz. In der Holzvorratsstruktur überwiegen Nadelhölzer (bis zu 75%), vor allem Tanne. Das Sterben war in den letzten Jahren nicht ganz so ausgeprägt wie in Bistra.

### 2.2 Versuchsbäume

In Ravnik wurden 284 und in Bistra 131 erwachsene (120 bis 200 Jahre), herrschende und mitherrschende, gesunde und unterschiedlich geschädigte Bäume ausgewählt. Der durchschnittliche Brusthöhendurchmesser war 60 cm (20 bis 80 cm), die durchschnittliche Höhe betrug 30 m (22 bis 36 m).

### 2.3 Gesundheitszustand

Der Gesundheitszustand der Bäume wurde durch Beurteilung des Nadelverlustes geschätzt (modifizierte Methode von Bosshard, 1986). Für die statistischen Analysen wurden die Bäume in drei Gruppen eingeteilt: (1) nicht geschädigt (Nadelverlust bis 5%), (2) geschädigt (Nadelverlust 6 bis 50%) und (3) stark geschädigt (Nadelverlust über 50%).

1988 bis 1995 wurde der Zustand der Bäume zusätzlich durch Messung des elektrischen Widerstandes überprüft. Zu diesem Zwecke wurde ein Ohmmeter – Konditiometer der Firma Bollmann Elektronik Systeme, Rielasingen, D – mit nichtisolierten No. 2E-Delmhorst-Elektroden benutzt. Die parallel angeordneten Elektroden wurden quer zur Stammachse durch die Rinde, den Bast, die Kambium-Zone bis zum letzten Spätholz eingeschoben. Die Vermessungen wurden jährlich zum gleichen Zeitpunkt Ende Juli/Anfang August wiederholt.

Am Höhepunkt der Vegetationsperiode wurden die Bäume mit elektrischem Widerstand unter 10 kOhm als gesund, 10 bis 13 kOhm als geschädigt und über 14 kOhm als stark geschädigt eingestuft (Torelli et al., 1990).

### 2.4 Phänologie

Die phänologischen Beobachtungen wurden in den Jahren 1988, 1989 und 1990 an 415 Bäumen von beiden Versuchsflächen und 1993, 1994 und 1995 an 42 ausgewählten Bäumen durchgeführt.

Die Knospen und Triebe wurden mittels Fernglas vom Boden aus beobachtet. Jeder Baum wurde immer von derselben Stelle aus und von demselben Beobachter beschrieben. Die Qualität der Beobachtungen wurde zeitweise von zwei zusätzlichen Personen überprüft.

Die Beobachtungen begannen vor dem Austreiben im April und wurden alle drei Tage wiederholt, bis das Längenwachstum der Triebe beendet war. Wegen erheblicher Unterschiede innerhalb eines Baumes wurde nur das obere Drittel der Krone – ohne den Wipfel – beobachtet.

Die phänologischen Phasen wurden nach der leicht modifizierten Methode von Bulygin (1974) festgestellt: 1 – Austreiben der Knospen, 2 und 3 – Längenwachstum der Nadeln, 4 – Längenwachstum des Triebes, 5 – Abbiegen der Triebe nach unten (Abbildung 1). 1988 bis 1990 wurden alle fünf Phasen beobachtet und 1993 bis 1995 nur Phase 1 – Zeit des Austreibens – festgestellt.

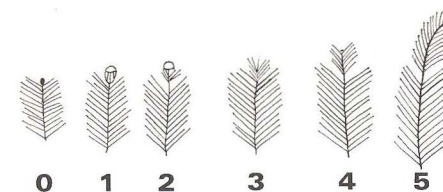


Abbildung 1. Weisstanne (*Abies alba* Mill.): Darstellung der phänologischen Phasen.

### 2.5 Häufigkeit von Wasserreisern

Die Menge der Wasserreiser wurde nach folgendem Kriterium ermittelt: 0 – keine, 1 – vereinzelte, 2 – mässig vorkommende Wasserreiser und 3 – Wasserreiser unterhalb und innerhalb der primären Krone reichlich vorhanden.

### 2.6 Das reproduktive Wachstum

Die Menge von weiblichen Zapfen (Megastrobili) und männlichen Blüten (Mikrostrobili) wurden nach folgendem Kriterium ermittelt: Häufigkeit von



weiblichen Zapfen: 0 = fehlend; 1 = bis einschliesslich 10 Zapfen; 2 = über 10 Zapfen. Häufigkeit von männlichen Blüten: 0 = fehlend; 1 = Zwischenstufe; 2 = Blüten reichlich, an den meisten Zweigen vorhanden.

Die Beobachtungen wurden stets im Mai und Juni durchgeführt, da dann Zapfen und Blüten wegen ihrer phänologischen Phase am deutlichsten hervortreten. In dieser Periode erscheinen weibliche Zapfen als 3 bis 5 cm lange, gelbgrüne, aufrechtstehende Zapfen und männliche Blüten als meistens gelbgrüne, ovale Kätzchen.

Um den Zusammenhang zwischen der Schädigung und (1) der Phänologie, (2) den Wasserreissern und (3) den Blüten und Zapfen darstellen zu können, wurden aus 3x3-Kontingenztabellen die korrigierten Koeffizienten der Assoziation ( $C_{kor}$ ) dargestellt.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1 Zustand der Bäume

Am Anfang der Beobachtungen im Jahr 1987 betrug in Bistra der Anteil an äusserlich nicht geschädigten, an geschädigten und stark geschädigten Bäumen 16, 46 bzw. 38%. Auf der weniger betroffenen Versuchsfläche Ravnik betrugen die Anteile 38, 30 bzw. 32%.

Mittels Vermessungen des elektrischen Widerstandes von 1988 bis 1995 wurde festgestellt, dass sich der Anteil von gesunden Bäumen im wesentlichen nicht geändert hat. Der Zustand von geschädigten und stark geschädigten Bäumen hat sich jedoch laufend verschlechtert. Im Laufe von langjährigen Beobachtungen (Torrelli et al., 1995) sind die meisten der stark geschädigten Bäume in Bistra und etwa die Hälfte der stark geschädigten Bäume in Ravnik abgestorben und wurden in den unten dargestellten Analysen nicht berücksichtigt.

#### 3.2 Phänologische Phasen

In der Periode von 1988 bis 1995 trieben die ersten Bäume, je nach klimatischen Bedingungen, Ende April bis Anfang Mai aus. Das Austreiben der herrschenden und mitherrschenden Tannen stimmte mit der Laubentfaltung der unterständigen Buchen (*Fagus sylvatica* L.) überein. Der Beginn aller beobachteten Phasen ist in Tabelle 1 dargestellt.

Die ersten Bäume trieben zwischen dem 14. April und dem 6. Mai aus, die spätesten erst neun bis 28 Tage später. Das danach folgende Längenwachstum der Triebe war im wesentlichen bis Mitte Juni beendet. Die Phase 5 wurde überwiegend in gesunden Bäumen etwa eine Woche später als die Phase 4 beobachtet. Die Ergebnisse waren in beiden Versuchsflächen vergleichbar.

Tabelle 1. Weisstanne (*Abies alba* Mill.), Versuchsflächen Ravnik und Bistra: Beginn der phänologischen Phasen.

Jahr	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1988	5. Mai–14. Mai	10. Mai–22. Mai	13. Mai–28. Mai	16. Mai–3. Juni
1989	14. Apr.–11. Mai	4. Mai–25. Mai	10. Mai–31. Mai	13. Mai–9. Juni
1990	27. Apr.–18. Mai	7. Mai–28. Mai	13. Mai– 3. Juni	16. Mai–6. Juni
1993	5. Mai–17. Mai			
1994	2. Mai–22. Mai			
1995	6. Mai–22. Mai			

Der Beginn einer bestimmten phänologischen Phase war bei allen Bäumen in den Jahren 1988 bis 1990 in etwa gleich verteilt, obwohl auch die Witterung eine bedeutende Rolle spielte. Die zeitliche Verteilung des Anteils des Eintritts in eine bestimmte Phase ist in der Abbildung 2 dargestellt.

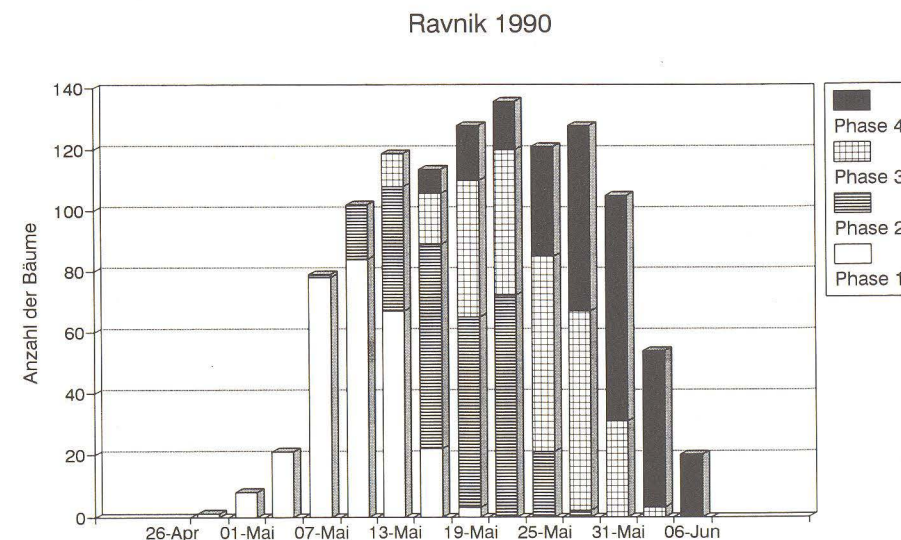


Abbildung 2. Ravnik, 284 Weisstannen: der Anteil der Bäume, die in eine bestimmte phänologische Phase eintreten.

1990 trieben die ersten Bäume in Ravnik am 29. April aus. Die frühtreibenden Bäume traten zehn Tage später in Phase 2 ein, 14 Tage später in Phase 3 und nach 17 Tagen in Phase 4. Die spätreibenden Bäume trieben erst 20 Tage nach den frühesten aus. Gleichzeitig wurde in den anderen Bäumen schon Phase 2, 3 oder 4 festgestellt.



### 3.3 Zusammenhang zwischen dem Gesundheitszustand der Bäume und der Phänologie

Die korrigierten Koeffizienten der Kontingenz ( $C_{kor}$ ), errechnet aus der Kontingenztabelle 3x3, zeigen, dass der Zusammenhang zwischen dem Zustand der Bäume und den phänologischen Merkmalen statistisch signifikant ist (Tabelle 2). Die Ergebnisse zeigen, dass die meisten spätreibenden Weisstannen gesund und die meisten frühtreibenden Tannen geschädigt sind. Frühtreibende gesunde Bäume und spätreibende geschädigte waren eher die Ausnahme, und es war fast unmöglich, eine gesunde, frühtreibende Tanne von erheblichen Dimensionen zu finden.

Tabelle 2. Die korrigierten Koeffizienten des Zusammenhangs ( $C_{kor}$ ) zwischen der phänologischen Phase und der Schadstufe bei der Weisstanne in der Versuchsfläche Ravnik, errechnet aus der Kontingenztabelle 3x3. Der Koeffizient hat kein, ein, zwei oder drei Sternchen, je nachdem, ob die Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$  über 5% (), 5% (\*), 1% (\*\*) oder 0,1% (\*\*\*) beträgt.

$C_{kor}$ : Phänologie – Schadstoffe				
Jahr	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1988 <sup>1</sup>	0,34***	0,36***	0,39***	0,50***
1989 <sup>1</sup>	0,60***	0,47***	0,48***	0,46***
1990 <sup>1</sup>	0,55***	0,52***	0,56***	0,55***
1993 <sup>2</sup>	0,62*			
1994 <sup>2</sup>	0,68**			
1995 <sup>2</sup>	0,48			

<sup>1</sup>) 284 Bäume

<sup>2</sup>) 42 Bäume

Der festgestellte Zusammenhang war im wesentlichen für alle Phasen gültig, jedoch war die Phase 1 – Zeit des Austreibens – am besten mit dem Baumzustand korreliert. Diese Phase konnte vom Boden aus auch am deutlichsten beobachtet werden. Eine Ausnahme waren die gesunden, in der Regel spätreibenden Bäume, die wegen des schnellen Längenwachstums ihrer Triebe nicht unbedingt als letzte die Phase 4 bzw. 5 erreichten.

Von Jahr zu Jahr befanden sich die gleichen Bäume meistens in der gleichen phänologischen Gruppe. Nach dem ersten Jahr der Beobachtungen wurden die erst austreibenden Bäume als Indikatoren zur Festlegung des Beginns der phänologischen Beobachtungen benutzt.

### 3.4 Wasserreiser und Phänologie

Die Wasserreiser waren ein typisches Erscheinungsbild der beschädigten Bäume. Ein sehr signifikanter Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von

Wasserreisern und der Schadstufe mit einem Koeffizienten von  $C_{kor} = 0,61$ \*\*\* wurde festgestellt. 78% der gesunden Bäume hatten keine Wasserreiser und 93% der sehr geschädigten hatten reichlich vorkommende Wasserreiser.

Der Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Wasserreiser und den phänologischen Eigenschaften, überprüft mittels partieller Assoziation zwischen dem Gesundheitszustand und der Zeit des Austreibens, war nicht zu bestätigen. Der Koeffizient für Bäume mit sekundärer Krone lag bei  $C_{kor} = 0,55$ \*\*\*, für Bäume ohne Wasserreiser lag der Koeffizient bei  $C_{kor} = 0,51$ \*\*\*.

### 3.5 Das reproduktive Wachstum

Die Beobachtungen von Čufar *et al.* (1994) in den Jahren 1988 bis 1992 zeigten, dass der Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der reproduktiven Organe und der Schadstufe signifikant ist; die geschädigten Bäume zeigten einen Rückgang des reproduktiven Wachstums und trugen oft weder weibliche Zapfen noch männliche Blüten. Reichliches reproduktives Wachstum wurde vor allem bei gesunden Tannen festgestellt. Im allgemeinen war der Zusammenhang zwischen den weiblichen Zapfen und der Schädigung statistisch signifikanter als der zwischen den männlichen Blüten und der Schädigung.

Die fortgesetzten Beobachtungen an 42 Bäumen aus Ravnik sind in der Tabelle 3 dargestellt. Die Ergebnisse waren von Jahr zu Jahr vergleichbar mit Ausnahme von 1994, welches das einzige Jahr mit auffallend reichlicher Produktion von Zapfen und Blüten war. Die meisten gesunden Bäume, auch die, die in den vorigen Jahren keine weiblichen Zapfen bildeten, haben 1994 relativ reichlich fruktifiziert. Die Häufigkeit von Zapfen in geschädigten Bäumen blieb ähnlich wie in den Jahren 1988 bis 1992. Die Häufigkeit der männlichen Blüten war 1994 in allen Schadklassen grösser. Im Jahr 1995 wurde in allen Schadklassen eine extrem reduzierte Fruktifizierung beobachtet.

Tabelle 3. Die korrigierten Koeffizienten des Zusammenhangs ( $C_{kor}$ ) zwischen der Häufigkeit der reproduktiven Organe, (weibliche Zapfen und männliche Blüten) und der Schadstufe bei 42 Weisstannen in der Versuchsfläche Ravnik, errechnet aus der Kontingenztabelle 3x3. Der Koeffizient hat kein, ein, zwei oder drei Sternchen, je nachdem, ob die Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$  über 5% (), 5% (\*), 1% (\*\*) oder 0,1% (\*\*\*) beträgt.

$C_{kor}$ : reproduktive Organe – Schadstoffe		
Jahr	männliche Blüten	weibliche Zapfen
1988	0,62**	0,64**
1989	0,48	0,67***
1990	0,61**	0,64***
1992	0,53*	0,62**
1994	0,63**	0,75***
1995	0,65**	0,64***



#### 4. Folgerungen

Die festgestellten Charakteristika von geschädigten Bäumen sind Früh-treiben, stark reduzierte Fruktifizierung und reichliches Vorkommen von Wasserreisern. Um festzustellen, ob das Früh-treiben genetisch bedingt oder die Folge der Schädigung ist, müssen genetische und physiologische Studien durchgeführt werden.

#### Zusammenfassung

In manchen Beständen in Slowenien wachsen unterschiedlich geschädigte und gesunde Weisstannen (*Abies alba* Mill.) in unmittelbarer Nachbarschaft. Seit 1988 wurden über 400 erwachsene, herrschende und mitherrschende Bäume aus zwei typischen dinarischen Tannen-Buchen-Waldbeständen beobachtet. Der Zusammenhang zwischen der Schädigung und (1) der Phänologie, (2) den Wasserreisern und (3) den männlichen Blüten und weiblichen Zapfen wurde untersucht. Von fünf phänologischen Phasen passten die Zeit des Austreibens und der Baumzustand am besten zusammen. Die meisten früh-treibenden Weisstannen waren geschädigt und die meisten spät-treibenden gesund. Die Wasserreiser waren häufig nur in den geschädigten Bäumen zu finden. Der Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Wasserreiser und den phänologischen Eigenschaften war nicht zu bestätigen. Reduziertes Vorkommen von männlichen Blüten und besonders von weiblichen Zapfen wurde vor allem bei geschädigten Tannen festgestellt. Um nachzuweisen, ob das Früh-treiben genetisch bedingt oder die Folge der Schädigung ist, müssen die genetischen und physiologischen Studien durchgeführt werden.

#### Résumé

##### Phénologie du sapin pectiné (*abies alba* Mill.) en Slovénie en fonction de son état sanitaire

En Slovénie, dans quelques localités, des sapins pectinés en état de dépérissement à degrés différents et des sapins sains poussent sur les mêmes sites, les uns à proximité des autres. A partir de 1988, nous avons observé plus de 400 arbres adultes, dominants et co-dominants, de deux peuplements mixtes typiques de sapin-hêtre. Nous avons analysé la corrélation entre l'état sanitaire des arbres et les caractéristiques phénologiques, l'apparition des pousses adventives latérales ainsi que l'abondance des cônes mâles et femelles. A partir de cinq phases phénologiques, nous avons constaté une forte corrélation entre la période de débourrement et l'état sanitaire des arbres. Les arbres endommagés ont débourré au moins une semaine plus tôt que les arbres sains. Les pousses adventives latérales sont plus abondantes seulement chez les arbres endommagés. La corrélation entre la phénologie et l'apparition des pousses adventives latérales n'est pas confirmée. La fréquence des cônes mâles et spécialement des cônes femelles baisse en

fonction de l'ampleur du degré de dépérissement des arbres. La nécessité s'impose d'étudier si le débourrement anticipé est une caractéristique héréditaire ou la conséquence de l'endommagement.

#### Summary

##### Phenology of healthy and declining silver fir (*Abies alba* Mill.) in Slovenia

On some locations in Slovenia within the same sites, some silver fir trees (*Abies alba* Mill.) remain healthy while others decline or die. Since 1988 more than 400 adult, dominant or codominant trees from two typical Dinaric silver fir-beech forest stands have been observed. The phenological characteristics, occurrence of epicormic branches and abundance of male and female cones were assessed and related to tree health. Among five phases of shoot growth, the time of bud bursting proved to be the most significantly correlated to tree condition. Declining trees generally flushed at least one week earlier than non-affected ones. Secondary crown, when present, was always associated with tree decline, but no correlation was found between its presence and the time of bud bursting. The frequency of male and especially of female cones decreased with increasing tree damage. It remains to be studied whether the earlier flushing is an inherited characteristic or a consequence of tree damage.